



# EVALUATION DE L'EFFICACITE DES REGLEMENTATIONS POUR LIMITER LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE - ELABORATION DE SCENARIOS D'EMISSIONS PROSPECTIFS

Fanny Lasry, Isabelle Coll

## ► To cite this version:

Fanny Lasry, Isabelle Coll. EVALUATION DE L'EFFICACITE DES REGLEMENTATIONS POUR LIMITER LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE - ELABORATION DE SCENARIOS D'EMISSIONS PROSPECTIFS. Journées Scientifiques de l'Environnement 2006, May 2006, Créteil, France. hal-00195924

**HAL Id: hal-00195924**

**<https://hal.science/hal-00195924>**

Submitted on 11 Dec 2007

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# EVALUATION DE L'EFFICACITE DES REGLLEMENTATIONS POUR LIMITER LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE - ELABORATION DE SCENARIOS D'EMISSIONS PROSPECTIFS

Fanny LASRY <sup>1,2</sup> et Isabelle COLL <sup>1</sup>

<sup>1</sup> LISA, Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques, Université Paris 12,  
CMC, 61 avenue du Général de Gaulle, 94010 Créteil Cedex  
Tél : 01.45.17.15.46, Fax : 01.45.17.15.64, Courriel : [icoll@lisa.univ-paris12.fr](mailto:icoll@lisa.univ-paris12.fr)

<sup>2</sup> ARIA Technologies SA, 8-10 rue de la Ferme, 92100 Boulogne-Billancourt  
Tél : 01.46.08.68.78, Fax : 01.41.41.93.17, Courriel : [flasry@aria.fr](mailto:flasry@aria.fr)

## Résumé

*Afin de réduire les concentrations d'ozone dans la troposphère, la communauté européenne a instauré une politique environnementale basée sur le contrôle des émissions des précurseurs d'ozone. L'étude présentée ici est consacrée à évaluer l'efficacité des mesures engagées, à l'aide d'un outil devenu aujourd'hui incontournable pour l'analyse des épisodes de pollution photochimique : la modélisation.*

## 1. Introduction

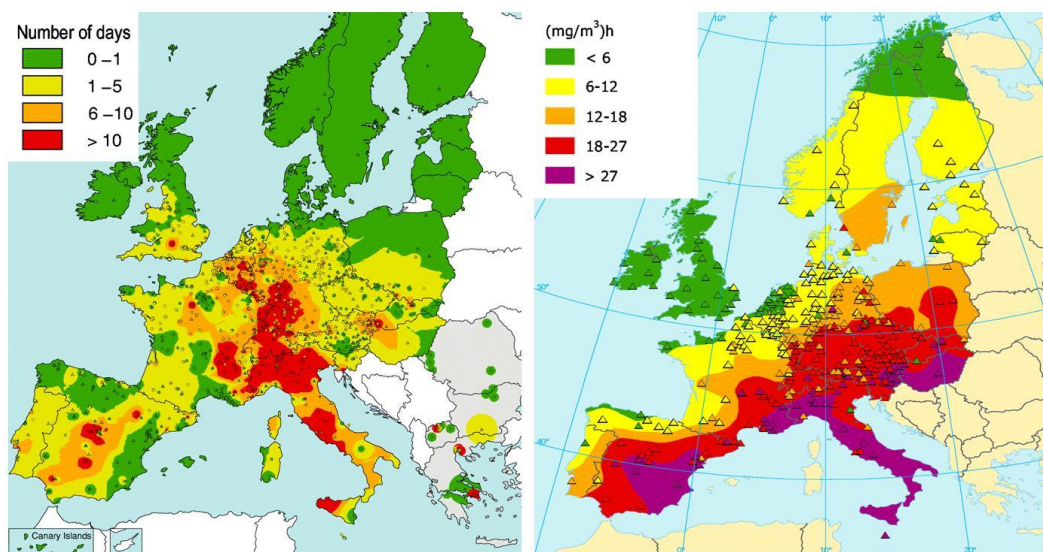
### 1.1 La problématique de la pollution photochimique

La pollution atmosphérique est aujourd'hui principalement liée à la formation de polluants oxydants secondaires, et en particulier l'ozone, issu de la transformation photochimique des oxydes d'azote (NOx) et des composés organiques volatils (COV). Potentiellement toxiques en tant que composés primaires, ils génèrent en effet lors de leur dégradation atmosphérique de puissants oxydants susceptibles d'affecter très sévèrement les fonctions respiratoires.

Le phénomène de pollution photochimique s'exprime à l'échelle des grands sites urbains par l'apparition de pointes d'ozone (voir Figure 1). Il est actuellement reconnu que la hausse de la fréquence d'apparition de ces épisodes d'ozone est à l'origine d'une augmentation du niveau troposphérique moyen en ozone à l'échelle mondiale, les niveaux de fond les plus élevés étant enregistrés dans les régions ensoleillées (le bassin Méditerranéen en Europe).

Afin de diminuer les niveaux d'ozone auxquels est exposée la population, il est nécessaire de mettre en œuvre des politiques environnementales basées sur la réduction des émissions. Les stratégies ont beaucoup évolué depuis l'observation des premiers épisodes à Los Angeles dans les années 1940, traités de manière uniquement locale. Depuis les années 1970, on sait que les épisodes intenses observés dans les grandes villes d'Amérique (Los Angeles, Mexico) et d'Europe (Athènes par exemple) et dont la fréquence s'est accrue au cours du siècle dernier sont aussi l'expression d'un niveau de fond en ozone de plus en plus élevé. Ce résultat implique qu'une action soit menée non pas à l'échelle locale uniquement, mais continentale,

voire mondiale, afin de d'agir sur l'ensemble des échelles de production d'ozone. C'est pourquoi, à partir des années 1990, la Communauté Européenne s'est attachée à élaborer un plan d'action commun à tous les Etats Membres pour diminuer les concentrations d'ozone au-dessus du continent.



*Figure 1: A gauche, nombre de jours de dépassement du seuil d'information de 90 ppbv en 2003 ; A droite, valeurs cumulées au-dessus de 40 ppbv, indicateur d'une pollution de fond.*

En 1999, la Commission Européenne ratifie le protocole de Göteborg qui définit des orientations pour la limitation de l'acidification (liée au  $\text{SO}_2$ ) et des niveaux d'ozone dans la troposphère. Afin de respecter ce protocole, la Commission élabore la directive NEC (National Emission Ceiling) qui fixe des plafonds d'émissions pour chaque pays membre, qui devront être respectés à l'échéance 2010. Les efforts demandés sont conséquents, NEC imposant par exemple à la France une réduction d'environ 40% de ses émissions de  $\text{NO}_x$  et de COV entre 1999 et 2010. Outre les mesures appliquées sur le long terme, des mesures locales et ponctuelles, telles que des restrictions temporaires d'activité industrielle ou des mesures de circulation alternée, peuvent être déclenchées en cas d'observation et/ou prévision d'un épisode de pollution par l'ozone. Actuellement, la question de l'efficacité de ces contrôles d'émissions appliqués sur le long terme et de façon ponctuelle se pose, d'autant plus qu'elles ont un coût économique et social élevé.

Si l'impact de telles réglementations est facilement estimable sur les concentrations de composés primaires, directement touchés, l'appréhension des réponses de l'ozone est rendue complexe de par la multiplicité des paramètres mis en jeu dans un épisode d'ozone:

D'un point de vue mécanistique, l'ozone est la résultante de processus chimiques cycliques faisant entrer en compétition de nombreuses voies réactionnelles. Ainsi, la sensibilité de l'ozone aux concentrations de ses précurseurs n'est pas linéaire et la diminution de leurs émissions peut tout autant augmenter que diminuer les concentrations d'ozone produit, selon la combinaison  $\text{NO}_x$ -COV en présence.

Le déclenchement d'un épisode et son intensité est aussi conditionné par une combinaison favorable de facteurs météorologiques (intensité du vent, du rayonnement solaire, températures) et topographiques. La fréquence des occurrences d'épisodes d'ozone est ainsi fortement accrue en été, surtout dans les régions ensoleillées.

## Efficacité des réglementations pour limiter la pollution atmosphérique

En Europe, plusieurs sites fortement émetteurs et localisés dans le bassin méditerranéen (en Italie, en Espagne, en Grèce...) sont soumis à ces facteurs aggravants, et sont de façon logique particulièrement exposés à des épisodes photochimiques aigus. En France, c'est le site de Berre-Marseille qui est le plus touché par la pollution photo-oxydante en raison de la combinaison d'émissions industrielles et urbaines intenses, d'un fort ensoleillement et de températures élevées durant les mois d'été.

### 1.2 La modélisation, un outil puissant pour l'étude des épisodes photochimiques

La multiplicité et la complexité de ces paramètres ont rendu indispensable le développement de moyens de recherche spécialisés dans l'étude de la chimie troposphérique. Parmi ces moyens, la modélisation numérique tridimensionnelle est devenue un outil clé pour les études de pollution photo-oxydante. Un modèle est un outil mathématique qui intègre les équations chimiques et dynamiques connues intervenant dans l'évolution des composés et calcule leur concentration à chaque pas de temps, en tout point de l'espace du domaine simulé. C'est donc une représentation simplifiée de l'atmosphère qui permet de reproduire, d'analyser et de prévoir en tous points de l'espace et à tout instant les concentrations des espèces considérées, paramètres souvent non accessibles par la mesure. Aujourd'hui les modèles numériques permettent de reproduire avec une bonne confiance la majorité des épisodes d'ozone et la possibilité s'offre alors aux chercheurs de mieux les comprendre, dans la perspective de tester et proposer des politiques de réduction d'émissions efficaces.

### 1.3 Objectifs et stratégie de l'étude

Notre étude s'inscrit dans ce contexte, l'objectif principal étant d'évaluer l'efficacité des réglementations engagées à l'échéance 2010 sur la formation de panaches d'ozone régionaux. Les mesures testées incluent aussi bien des mesures effectives sur le long terme qu'en situation d'urgence.

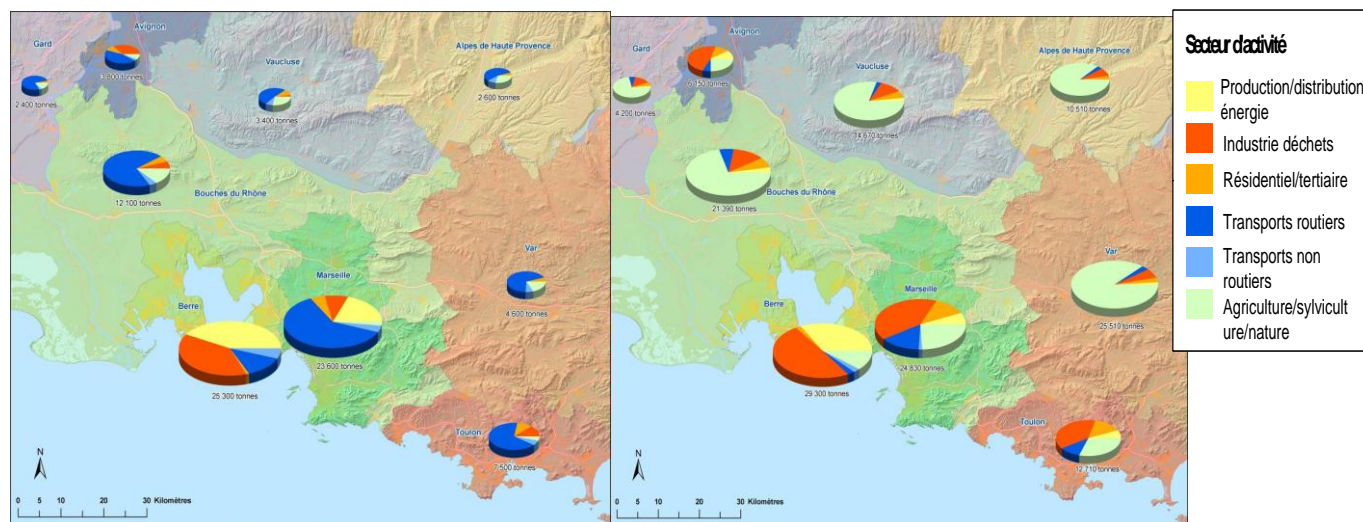


Figure 2: Emissions d'oxydes d'azote (NOx) (à gauche) et de Composés Organiques Volatils (COV) (à droite) par secteur d'activité.

La stratégie suivie consiste à élaborer des scénarios d'émissions réalistes, en reproduisant dans les inventaires d'émission les mesures de politique environnementale. Nous simulons alors une situation donnée de pollution, d'abord avec des émissions standard puis avec les scénarios d'émissions, afin d'en évaluer l'impact sur les concentrations d'ozone.



Ces travaux ont été menés sur le site de Berre-Marseille qui présente, outre une météorologie propice au développement d'épisodes photochimiques, d'intenses émissions (industrielles sur le pourtour de l'Etang de Berre, urbaines avec l'agglomération de Marseille/Aix-en-Provence, biogéniques dans l'arrière pays). La

Figure 2 présente les quantités de NOx et COV émises par secteur d'activité et permet de décrire la répartition des émissions sur la région d'étude. Cette région est également appelée « région ESCOMPTE », du nom de la campagne de mesure qui s'y est déroulée durant l'été 2001, et qui a fourni une documentation de qualité sur le développement physico-chimique des épisodes de pollution oxydante.

## 2. Evaluation de l'efficacité des mesures pérennes aux échelles régionale et continentale

### 2.1 Elaboration d'inventaires d'émissions

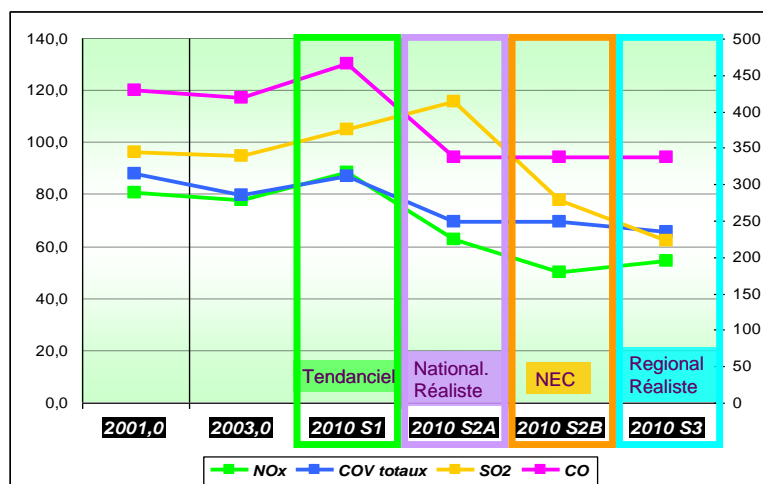


Figure 3: Evolution des émissions pour les scénarios de mesures pérennes 2010.

Les travaux d'élaboration des inventaires d'émissions prospectifs ont été réalisés en collaboration avec le réseau de surveillance de la qualité de l'air AIRMARAIX, dans le cadre du projet PRIMEQUAL Scénarios, financé par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Leur objectif était de définir et de constituer un ensemble de scénarios d'émissions représentant des situations probables pour l'année 2010, en prenant en compte les réglementations nationales et leurs adaptations régionales. Les 4 scénarios retenus sont présentés en Figure 3. Ils se décrivent ainsi :

- *Tendanciel 2010 (SC1)* ne restitue que les évolutions socio-économiques de la région, sans aucune prise en compte des réglementations engagées. Cet inventaire incontournable représente une situation de référence 2010 à laquelle les autres scénarios seront comparés, afin d'évaluer l'impact des mesures réglementaires.
- *NEC (SC2B)* correspond au respect strict des plafonds d'émissions nationaux fixés par la directive NEC. Néanmoins, selon une étude réalisée par le Centre Interprofessionnel Technique des Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA, 2004), ce scénario ne constitue pas la situation la plus réaliste, car il est probable que les objectifs affichés ne seront pas tous atteints en 2010. Il a donc été nécessaire d'envisager un second scénario national.

## Efficacité des réglementations pour limiter la pollution atmosphérique

- *National Réaliste 2010 (SC2A)* restitue la situation attendue pour 2010 et reposant sur les projections réalisées par le CITEPA quant au respect national des réglementations engagées et prévues.
- *Régional Réaliste (SC3)*: Ce scénario constitue la situation 2010 la plus réaliste car il s'appuie sur le scénario SC2A et inclue les adaptations régionales stipulées dans les arrêtés préfectoraux.

### 2.2 Mise en œuvre de simulations

Les inventaires régionaux 2010 générés, nous avons conduit des simulations de situations de pollution, à l'aide du modèle de chimie-transport CHIMERE (Schmidt, 2001 ; <http://euler.lmd.polytechnique.fr/chimere>). Ces simulations ont été effectuées sur le domaine régional (cadre en rouge sur l'image), l'import de masses d'air extérieures étant renseigné par des simulations effectuées au préalable sur le domaine continental (cadre bleu). Nous avons en outre choisi de conduire notre analyse sur un grand nombre d'épisodes, afin d'obtenir des résultats représentatifs d'une tendance générale, et non un résultat isolé propre à un épisode particulier.

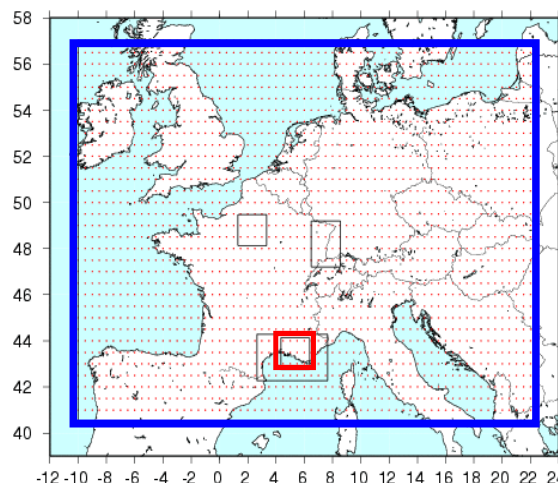


Figure 4: Maillage du modèle CHIMERE.

Le modèle CHIMERE a ainsi été mis en œuvre sur 24 journées de pollution par l'ozone, caractérisées par des directions de panaches et des niveaux d'ozone variés, les pointes étant comprises entre 90 ppbv et 150 ppbv.

Afin d'évaluer l'impact sur les concentrations d'ozone d'un contrôle régional et continental des émissions, nous nous focaliserons ici sur les résultats de 3 simulations :

- *Simulation « Tendanciel »* : seul l'inventaire d'émissions local est changé, au profit du scénario Tendanciel, sans modification de l'apport de polluants depuis l'extérieur du domaine.
- *Simulation « Régional Réaliste »* : l'inventaire local est remplacé par l'inventaire Régional Réaliste. Cette simulation vise à évaluer l'impact d'un contrôle des émissions dans le domaine régional uniquement.
- *Simulation « Régional Réaliste + Continental 2010 »* : c'est un scénario très réaliste car il traduit l'application des réglementations aussi bien sur la région que sur l'ensemble du continent européen. Pour représenter l'application des réglementations à l'échelle de l'Europe, nous avons utilisé les résultats d'une simulation effectuée sur le domaine continental avec des émissions prospectives de 2010 (simulation continentale réalisée dans le cadre du projet City-Delta, <http://aqm.jrc.it/citydelta/>).

Les résultats sont présentés pour une journée d'août 2003, typique d'une situation de pollution intense (voir en Figure 5 la carte des concentrations maximales d'ozone simulées pour ce jour) sous forme de cartes de différences entre une situation modulée et une situation de référence. Ils sont représentés en Figure 6.

Les cartes de cette figure montrent tout d'abord que les réductions des émissions aux échelles continentale et régionale ont un impact significatif (en moyenne 15 ppbv de réduction sur

l'ozone). Elles montrent également que le contrôle régional et le contrôle continental agissent de façon complémentaire sur les panaches d'ozone régionaux. En effet, alors que le scénario Régional Réaliste permet de réduire significativement les maxima d'ozone au sein du panache régional (jusqu'à -18 ppbv), la prise en compte des réglementations appliquées à l'échelle continentale montre des impacts décroissants des bords vers le centre du domaine. Ces résultats sont logiques car c'est une diminution des émissions locale qui permet de limiter au mieux la production d'ozone locale, et donc d'agir efficacement sur le panache engendré. A l'inverse, la réduction des émissions à l'échelle continentale permet d'abaisser très fortement les concentrations d'ozone au-dessus de la totalité du site mais se montre moins efficace là où l'ozone est le plus fort. Mener une action à l'échelle de l'Europe est donc un moyen efficace d'abaisser les niveaux de fond en ozone. C'est un point important en matière d'exposition de la population et de la végétation, car il est aujourd'hui reconnu qu'une exposition cumulée à des niveaux d'oxydants modérés a des effets plus néfastes qu'une exposition de courte durée à des concentrations intenses. Les actions sont donc complémentaires en termes de localisation des impacts et de bénéfice engendré sur l'ozone (valeurs de pointe et de fond) et sont donc indissociables d'une de l'autre.

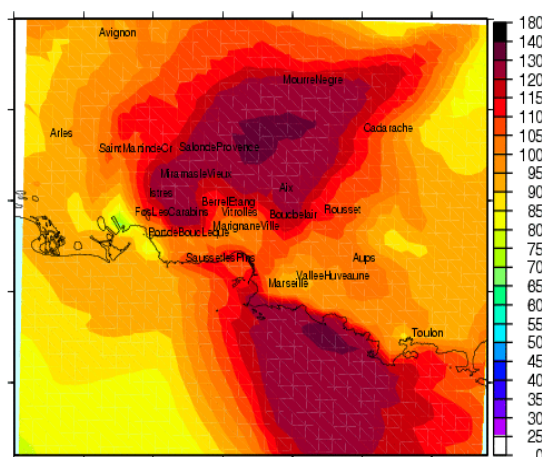


Figure 5: Concentrations maximales d'ozone le 5 août 2003 en ppbv.

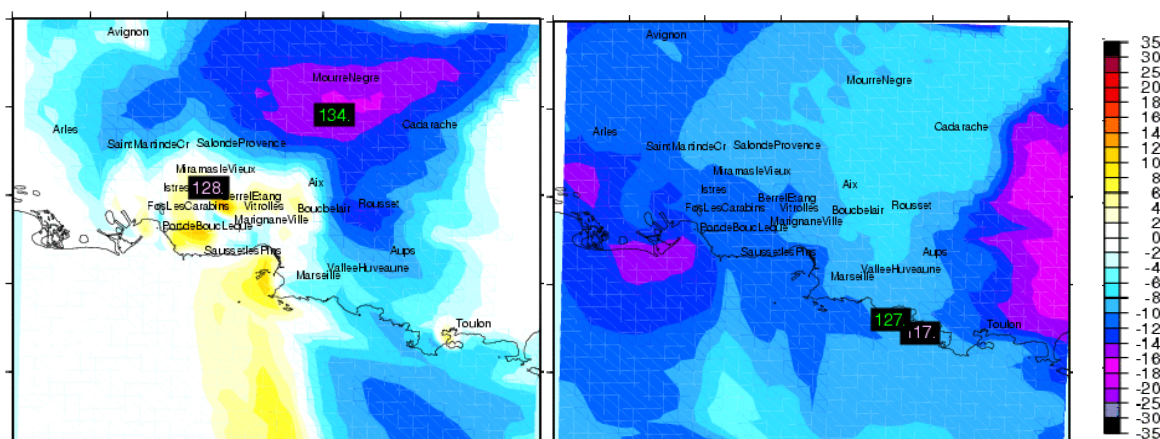


Figure 6: Cartes de différence en ppbv. A gauche, simulation 2-1 ; à droite, simulation 3-2.

### 3. Evaluation de l'efficacité des mesures d'urgence

#### 3.1 Le dispositif actuel et les mesures testées

## Efficacité des réglementations pour limiter la pollution atmosphérique

Le dernier arrêté en vigueur en région PACA concernant la mise en œuvre des mesures d'urgence est l'arrêté inter préfectoral de juin 2004 (voir Figure 7 le tableau récapitulatif des mesures d'urgence en vigueur). Il a été élaboré suite aux records de pollution enregistrés durant l'été 2003, qui ont déclenché une vive réaction de la part de la population et des pouvoirs publics. Ces derniers ont alors dû prendre rapidement des mesures bien que leur efficacité soit très mal connue.

Le dispositif vise des restrictions d'activités s'appliquant aux secteurs routier et industriel ainsi qu'aux particuliers. Ces mesures sont graduées selon 4 niveaux d'une sévérité proportionnelle à celle de l'épisode. Pour le secteur industriel, les restrictions d'activité sont applicables immédiatement après information par les autorités (information délivrée la veille vers 17h00) et délai de mise en oeuvre. Concernant les autres secteurs, elles sont « applicables le lendemain de 6 h à 21h ».

Niveaux d'alerte	Mesures obligatoires en PACA pour les :	
	Véhicules et particuliers	Industries
<b>Niveau 1</b> 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant 3 heures consécutives (risque de dépassement)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réduction de vitesse de 30 km/h sur routes, avec un minimum de 70 km/h</li> </ul>	<b>Pour les gros émetteurs :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Stabilité des procédés</li> <li>Report des activités émettrices de COV</li> <li>Arrêt des torches</li> <li>Report des opérations de maintenances</li> </ul>
<b>Niveau 1 renforcé</b> 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant 3 heures consécutives (constat de dépassement)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interdiction de chargement des COV sauf stations services et avions</li> <li>Interdiction de certains travaux de peinture</li> <li>Interdiction de certains moteurs extérieurs</li> </ul>	
<b>Niveau 2</b> 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant 3 heures consécutives (risque ou constat)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interdiction du transit poids lourd hors axe de transit</li> <li>Interdiction des compétitions de sports mécaniques</li> <li>Interdiction de tous travaux de peinture</li> <li>Interdiction de tous moteurs extérieurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Non redémarrage des installations arrêtées</li> </ul>
<b>Niveau 3</b> 360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 1 heure (risque ou constat)	Actions plus contraignantes, comme : <ul style="list-style-type: none"> <li>Circulation alternée</li> <li>Gratuité des transports en commun</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Arrêt progressif des installations (ou actions équivalentes)</li> </ul>

Figure 7: Dispositif actuel de mesures d'urgence.

Nous avons dans un premier temps sélectionné les mesures à tester, la plupart d'entre elles ne pouvant donner lieu à une transcription dans l'inventaire (comme les mesures relatives aux travaux de peinture et aux compétitions de sports mécaniques). Nous avons ainsi décidé d'élaborer des scénarios sur la base des restrictions de niveau 1, 1 renforcé et 3, liées aux secteurs routier et industriel. Pour cela, nous avons dû émettre certaines hypothèses car la réalité de la mise en œuvre de ces mesures est encore mal connue:

- Pour la mesure de réduction des vitesses, le retour d'expérience de l'été 2004 a montré que la vitesse moyenne sur les autoroutes baissait en réalité de 5km/h environ et restait stable sur les routes nationales. Nous avons convenu d'utiliser une valeur cible de -10 km/h correspondant à une application souhaitable mais réaliste de ces mesures. Il s'avère que cette mesure induit des baisses d'émissions très faibles (-1 à -5% selon les polluants et les types de véhicules), ceci étant dû au fait que les limitations de vitesse sont appliquées dans une plage où les émissions des véhicules y sont peu sensibles.
- En ce qui concerne la mesure de circulation alternée, en région PACA, elle n'est appliquée que dans un nombre restreint de rues situées dans les centres villes de 8 communes (Aix en Provence, Arles, Aubagne, Istres, Marignane, Martigues, Vitrolles et Salon de Provence)



mais ne concernent pas les villes les plus importantes de la région (Marseille, Toulon et Avignon). Afin de pouvoir traduire cette mesure dans nos inventaires, nous avons élargi la zone d'application de cette mesure à la dimension d'une maille de calcul du modèle. De plus, nous avons décidé d'appliquer également cette mesure dans les centres villes de Marseille, Toulon et Avignon. Au final, 15 mailles (sur 1225 au sol) sont concernées dans le modèle. Toutes correspondent à des centres urbains. Des réductions d'émissions de l'ordre de 20% ont été appliquées dans ces mailles (AIRPARIF, 2005).

- Pour le secteur industriel, nous avons pu profiter du retour d'expérience de l'été 2004. Toutefois seul le niveau 1 a été déclenché. Les évaluations chiffrées de la baisse effective des émissions, fournies par quelques-unes des entreprises concernées, sont comprises dans une fourchette très variable allant de -3 à -20%. Les mesures ont donc été traduites en un facteur cible sur recommandation d'AIRMARAIX après expertise de la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement.
  - Pour le niveau 1, une baisse ciblée de 10% des émissions de tous les polluants pour les 10 sites visés par l'arrêté inter préfectoral a été effectuée.
  - Pour les mesures de niveau 1 renforcé, une baisse de 20% sur les COV pour les 18 sites visés par les arrêtés a été appliquée.
  - Enfin, pour le niveau 3, nous avons convenu d'utiliser une réduction cible de 20% des émissions de tous les polluants pour l'ensemble des 25 sites visés par les arrêtés.

Cinq scénarios de mesures d'urgence ont ainsi été élaborés et testés. Comme attendu au vu du faible impact de ces mesures sur les inventaires, les résultats n'ont montré aucun impact significatif sur les concentrations d'ozone, pour la majorité des niveaux de déclenchement des mesures. En effet, au-delà d'être faibles, les réductions d'émissions ne concernent que des zones urbaines très restreintes et un nombre limité de sites industriels. Ainsi la quantité totale de composés émis sur l'ensemble du domaine régional n'est quasiment pas affectée. La mesure de niveau 3 concernant le secteur industriel a toutefois montré un impact d'un ordre de grandeur significatif sur les pointes d'ozone.

### 3.2 Proposition de mesures complémentaires

Au vu de ces résultats, nous avons décidé d'élaborer de nouveaux scénarios, plus sévères, toujours sur la base de l'existant, afin de déterminer l'impact maximal sur l'ozone de la mise en œuvre de mesures ponctuelles.

Nous avons ciblé une baisse de 30% des émissions de tous les polluants pour l'ensemble des industries du domaine. Cette valeur correspondrait à un renforcement très net des restrictions d'activité industrielles. La réalisation d'une telle mesure reste toutefois théorique car elle dépend des coûts induits, actuellement inconnus. Pour le trafic routier, nous avons testé une extension de l'application de la circulation alternée à l'échelle communale, ce qui correspond à une mesure optimiste mais réalisable.

Les résultats des tests sont représentés en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** pour la journée du 25/06/01 sous forme de cartes de différence entre la simulation modulée et le cas de référence. Ces cartes montrent tout d'abord que l'impact du secteur industriel et du secteur routier sont en grande partie géographiquement dissociés. Ceci est lié à la séparation des émetteurs sur le site, qui est à l'origine de la formation de deux panaches distincts. La combinaison des mesures industrielles et urbaines apparaît donc nécessaire pour agir sur toute la région. Notons toutefois que l'impact sur l'ozone est plus limité que pour les mesures

## Effacité des réglementations pour limiter la pollution atmosphérique

pérennes, avec une différence d'un facteur 2 à 3. Ceci nous amène à nous questionner sur la pertinence du format actuel des mesures d'urgence.

Dans un second temps, une étude sur les horaires de déclenchement des mesures d'urgence a été menée afin de voir si on pouvait optimiser la durée de la mise en oeuvre. Nous nous sommes focalisés sur la mesure de circulation alternée qui demande une forte mobilisation de la population. L'objectif est de déterminer s'il est nécessaire de maintenir cette mesure jusqu'à 21h00 ou s'il est possible de restreindre la durée d'application. La démarche suivie a consisté à cibler les horaires durant lesquels de l'ozone est produit en quantités importantes. Pour cela nous avons calculé la vitesse à laquelle l'ozone était produit (notée  $P_{O_3}$ ). Nous avons travaillé en parallèle sur les cartes d'ozone et sur celles de  $P_{O_3}$ , comme représenté en Figure 8. Cette figure indique qu'à 16h00, de l'ozone est encore produit dans le panache, les panaches de  $P_{O_3}$  et d'ozone étant superposés. Par contre, le panache n'est plus photochimiquement actif après 18h00 heure locale. Les fortes concentrations pouvant arriver sur un site en début de soirée résultent donc uniquement d'un transport de panache inactif. Il est donc possible de lever l'interdiction de circulation alternée dès 18h00.

Dans un second temps, nous avons conduit des tests supplémentaires qui ont montré que les polluants émis par les 2 principaux pôles (Marseille et Berre) n'étaient pas incorporés dans le panache actif s'ils étaient émis après 15h00. Ceci indique qu'il n'est pas nécessaire de maintenir les mesures d'urgence sur ces sites au-delà de 15h00. Ce résultat est important car il permet de réduire considérablement la plage horaire de restriction de circulation, mesure beaucoup moins contraignante pour la population, tout en gardant la même efficacité.

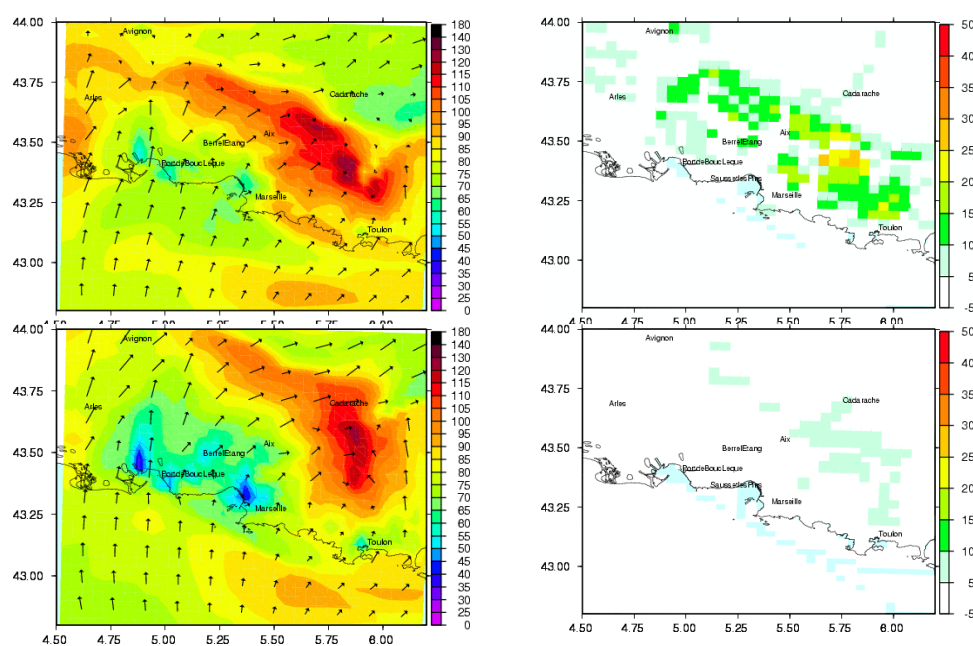


Figure 8: Cartes de concentrations d'ozone (à gauche) et de vitesses de production d'ozone (à droite) à 16h00 et 18h00 heures locales

## 4. Discussion

Pour conclure, la situation 2010 la plus réaliste (Régional Réaliste + Contrôle européen) montre qu'une baisse significative des concentrations d'ozone est attendue sur l'ensemble du domaine (de l'ordre de 10-15 ppbv) lorsque l'on applique la réglementation européenne et régionale. Nous pouvons toutefois souligner la forte inertie du système, les maxima d'ozone

n'étant réduits que d'environ 10% par rapport à des réductions des émissions de 40%.

En revanche, nous avons montré que les mesures d'urgence actuellement en vigueur ont un impact négligeable sur les panaches d'ozone régionaux. Nous devons ajouter que les mesures les plus poussées ne sont déclenchées que pour des épisodes réellement exceptionnels dépassant le seuil de 180 ppbv. Enfin, nous avons pu mettre en évidence que seule une amplification drastique de ces mesures pouvait permettre la diminution des pointes d'ozone les plus intenses, cette diminution restant faible par rapport à l'ampleur de l'action qui est nécessaire. Tous ces résultats soulèvent le problème d'une politique des mesures ponctuelles trop rigide et inadaptée à la problématique.

Malgré les améliorations observées et attendues sur la qualité de l'air par l'ensemble des mesures pérennes et ponctuelles, la problématique de l'ozone reste d'actualité. De notre étude, il apparaît en effet que les réductions d'émissions engagées sont encore insuffisantes pour empêcher le déclenchement d'un épisode sur notre site. Celui-ci est trop fortement contraint par d'autres paramètres sur lesquels nous ne pouvons agir : les phénomènes anticycloniques propices à la stagnation des masses d'air et à une rapide photochimie ; des concentrations rurales d'ozone trop élevés qui ne laissent qu'une faible marge à la production locale avant de dépasser les seuils d'alerte. Il apparaît ainsi indispensable de maintenir le contrôle des émissions sur l'ensemble du continent européen. Il est très probable qu'il faille même le renforcer, car d'ici à 2010 une élévation du bruit de fond liée à l'augmentation des émissions en Asie du Sud-Est est attendue. Cette problématique émergente doit être considérée pour la mise en oeuvre de nouvelles stratégies de réduction des émissions en Europe.

Nous devons toutefois nuancer cette projection. L'observation des concentrations de polluants en ville par les différents réseaux de surveillance nous permet d'effectuer une première estimation de l'impact du contrôle des émissions depuis 1999. Sur la Figure 9, on voit que sur notre zone d'étude, si on observe une nette diminution des concentrations de NOx entre 1990 et 2000, ce n'est pas le cas entre 1999 et 2004. Cet écart entre les projections et les observations est probablement lié à une vision trop optimiste de l'évolution des émissions. Ainsi, il est possible que les cycles d'essai actuels des véhicules ne reflètent pas la façon dont ils sont utilisés dans les conditions de conduite réelle car les émissions de gaz issues de la climatisation et autres équipements ne sont pas couvertes par les engagements mais sont pourtant bien générées par les véhicules. Par ailleurs, de nombreux propriétaires de véhicules diesel aggravent la situation en modifiant leur moteur afin d'accroître sa puissance (<http://reports.eea.eu.int/TERM2004>). Ainsi, les efforts destinés à contrer la hausse de certaines émissions ne font parfois que la ralentir.

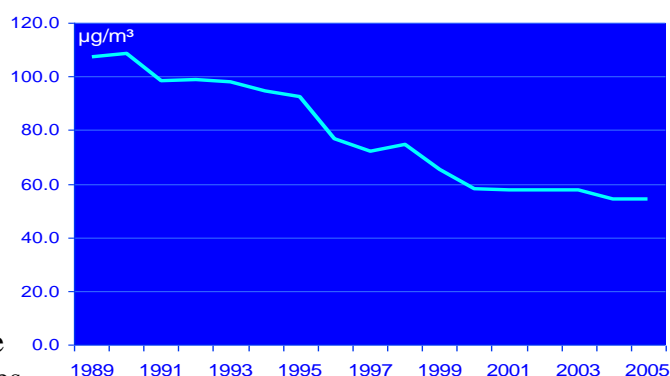


Figure 9: Evolution des concentrations de NOx sur l'ensemble du parc de stations AIRMARAIX.

## Bibliographie

- AIRPARIF, Mietlicki F. & Gombert D. (2005) Alerte du 30 septembre 1997 et première mise en place de la circulation alternée: Première évaluation faite à l'aide de l'outil de modélisation SIMPAR.
- CITEPA (2004) Projection des émissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM, NH<sub>3</sub> et PM (TSP, PM2.5, PM10) aux horizons 2010, 2015 et 2020.
- Schmidt H., Derognat C., Vautard R. & Beekmann M. (2001) A comparison of simulated and observed ozone mixing ratios for the summer of 1998 in western Europe. *Atmospheric Environment* Vol. 36, p 6277-6297.

JSE-Lasry-HAL-2007-12-11.doc